

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-147411  
(P2001-147411A)

(43)公開日 平成13年5月29日(2001.5.29)

(51) Int.Cl.  
G 0 2 F 1/035  
H 0 4 B 10/152  
10/142  
10/04  
10/06

### 識別記号

F I  
G 0 2 F 1/035  
H 0 4 B 9/00

## テマコト(参考)

審査請求 未請求 請求項の数11 OL 外国語出願 (全 18 頁)

(21)出願番号 特願2000-276331(P2000-276331)  
(22)出願日 平成12年9月12日(2000.9.12)  
(31)優先権主張番号 9922840.5  
(32)優先日 平成11年9月27日(1999.9.27)  
(33)優先権主張国 イギリス(G.B)

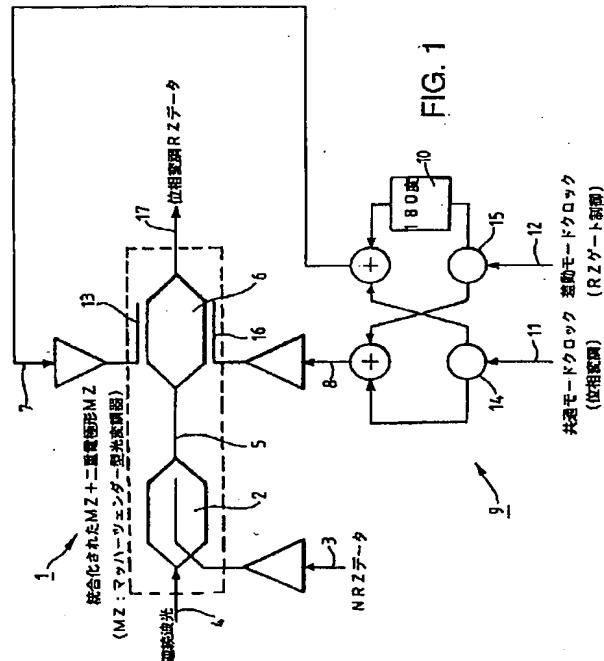
(71) 出願人 391030332  
アルカテル  
フランス国、75008 パリ、リュ・ラ・ボ  
エティ 54  
(72) 発明者 ステイーブン・マイケル・ウェブ  
イギリス国、ケント、デイー・エー・15・  
9・エヌ・エー、シドカツブ、プラツクフ  
エン・ロード・304  
(74) 代理人 100062007  
弁理士 川口 義雄 (外2名)

(54) [発明の名称] 光変調器

(57) 【要約】

【課題】 光放射源の出力 4 を外部変調する光学装置を提供する。

【解決手段】 本装置は、光放射源の出力4を変調するために、NRZ符号化電気データ信号によりドライブされる第1の光変調器2を含む。本装置は、また、第1の光変調器2と結合され、電気回路9からの一つ以上のドライブ信号源7、8によってドライブされる第2の光変調器6を含む。電気回路9は、第一の変調器2のNRZ符号化光信号出力を、RZ符号化光信号に変換する光学的AND関数を提供し、同時にこれによってある程度の位相変調（例えば、事前チャーブ）を変調されるRZ信号に導入するために、変調器6をドライブする。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 NRZ符号化電気データストリームによるドライブにより、光源の出力を変調し、NRZ符号化光信号を生成する第1の光変調器と、  
第1の光変調器の出力と結合され、光学的なAND関数を実現する一つ以上の入力源によってドライブされ、かつ、事前に定めた程度の位相変調を導入し、これにより、第1の光変調器の出力を、引き続く伝送用の位相変調されたRZ符号化光信号へと変換するように制御されることが可能な第2の光変調器とを含む、光源の出力の外部変調用の光学装置。

【請求項2】 前記第1の光変調器が、マッハーツエンダー装置である請求項1に記載の光学装置。

【請求項3】 前記第2の光変調器が、二重電極形マッハーツエンダー装置である請求項1または2に記載の光学装置。

【請求項4】 前記第1の光変調器と前記第2の光変調器とが統合されている請求項1から3のいずれかに記載の光学装置。

【請求項5】 前記一つ以上の入力源が、符号化光信号の位相を変調し、これにより、あらかじめ定めた程度の事前チャーブを出力時のRZ符号化光信号に導入するよう、前記第2の光変調器のドライブを制御する電気回路を含む請求項1から4のいずれかに記載の光学装置。

【請求項6】 前記電気回路が、それぞれのクロック信号によってドライブされる第1の分相器と第2の分相器、および第1の加算器と第2の加算器を含み、

第1の加算器が、第1の分相器と第2の分相器によって出力されたそれぞれのクロック信号を加算することによって得られる信号を出力し、

第2の加算器が、一方のクロック信号と他方のクロック信号の移相形とを加算することによって得られる信号を出力する請求項5に記載の光学装置。

【請求項7】 前記クロック信号の一方に、事前に定めた移相を導入する移相器をさらに含む請求項6に記載の光学装置。

【請求項8】 前記電気回路が、直列に接続された第1の可変減衰回路と第1の可変移相回路とに結合され、および同じく直列に接続された第2の可変減衰回路と第2の可変移相回路とに結合されたクロック源を含み、

これにより、第2の光変調器に対して、2つの別個のドライブ信号を供給する請求項1から5のいずれかに記載の光学装置。

【請求項9】 光学的なAND関数を実現し、これにより、入力でのNRZ符号化光信号を、出力でのRZ符号化光信号に変換する一つ以上の入力源によってドライブされる二重電極形マッハーツエンダー装置を含む光変調装置。

【請求項10】 前記一つ以上の入力源が、符号化光信号の位相を変調し、これにより、出力でのRZ符号化光

信号に、あらかじめ定めた程度の事前チャーブを導入するように、二重電極形マッハーツエンダー装置のドライブを制御する電気回路を含む請求項9に記載の装置。

【請求項11】 実質的に添付された図面の図1又は図2に見られ、かつ又は、図1又は図2を参照して説明される光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 光伝送システムは、一般に、直接変調であるかまたは外部変調である、レーザー信号の変調の2つの方法のうちの一つに基づいている。これらのうちの前者では、レーザーへのバイアス電流が変調されてレーザーがON/OFFされる。高い容量のシステムに適用されるときにおけるこの方法の欠点は、チャーブとして知られるように、半導体素材の動的なふるまいがレーザー出力にひずみをもたらすことである。連続波(CW)光源の外部変調は、チャーブが大幅に減った変調出力信号を生み出し、このタイプの光源は、高い容量のシステムでの使用に好まれる。マッハーツエンダー装置等のような高速の電極-光学的変調器(electrode-optic modulator)が一般的に用いられる。

## 【0002】

【従来の技術】 光ファイバーネットワークの光信号の一つの符号化フォーマットとしてNRZ(non-return-to-zero)符号がある。このフォーマットでは、符号化データのパルスがビットの期間に対応するタイムスロットを埋め、もし次のデータビットが同じ値ならばタイムスロットの終わりでどんな遷移も生じない。NRZフォーマットの伝送を実現するために設計された変調器の例としては、ルーセント社から入手可能なX2624Cマッハーツエンダー光学的電子装置がある。これは、電気的なデータストリームとその逆を用いて各電極をドライブし、これによりNRZ光データを提供するためにCW光源をゲート制御(変調)する、二重電極(dual electrode)のマッハーツエンダー装置である。各電極の2つのドライブレベルを変化させることにより、非線型伝送効果を補償するある程度の正と負の事前チャーブ(pre-chirp)に作用することが可能になる。

【0003】 NRZ符号化の代替案の一つとしてRZ(return-to-zero)フォーマットを使うものがある。この場合、あるタイムスロットのデータが「1」ならば、次のビットのデータの値がなんであれ、そのスロットが終わる前に、信号が「0」のレベルに落ちて戻る。「1」は、そのビットの期間内に位置するパルスの存在を示す。RZフォーマットは、高いビットレートにおいてNRZ符号化光信号よりも安定しているので、高い容量の長距離伝送システムで好まれる。

【0004】 RZ光信号を符号化するための既知のある

構成は、NRZ電気データをドライブ信号として用いCW光源を変調する第一のマッハーツエンダー装置を必要とするが、その出力は、NRZ光入力を出力でのRZ光信号へと変換する光学的ANDゲートとして構成された第二のマッハーツエンダー装置によって、変調される。そして第二のマッハーツエンダー装置の出力は、非線型伝送効果を補償するある程度の事前チャーブを提供する位相変調器に結合される。統合された回路パッケージを提供することは不可能なため、このソリューションはかなり複雑になる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】海底線ネットワーク用に提案されている最近の10Gビット/秒のWDM光伝送システムは、たった0.4ナノメートルの間隔で60以上のチャネルを提供する。将来は、たった0.2ナノメートルの間隔しかもたない120のチャネルが提供される。このような高い容量のシステムを開発するまでの一つの問題点は、顧客がそのニーズにあったより小さい統合されたソリューションを常に必要としている時代に、このシステムを支えるために必要とされる端末の占有面積がますます大きくなっているということである。高いビットレートシステムのために好ましいRZ符号化フォーマットと、NRZ電気データストリームからRZ符号化信号を生成するために必要とされる上記で説明した光学装置とが、これを達成困難にしている。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の態様によれば、光源の出力の外部変調用の光学装置は、NRZ符号化電気データストリームによるドライブにより、光源の出力を変調しNRZ符号化された光信号を生成する第1の光変調器と、第1の光変調器の出力と結合され、光学的なAND関数を実現する一つ以上の入力源によってドライブされ、かつ、事前に定めた程度の位相変調を導入し、これにより、第1の光変調器からのNRZ符号化光信号を、引き続く伝送用の位相変調されたRZ符号化光信号へと変換するように制御されることが可能な第2の光変調器とを含む。

【0007】本発明の第2の態様によれば、光学装置は、光学的なAND関数を実現し、これにより、入力でのNRZ符号化光信号を、出力でのRZ符号化光信号に変換する一つ以上の入力源によってドライブされる二重電極形マッハーツエンダー装置を含む。

【0008】好ましくは、前記一つ以上の入力源が、二重電極形マッハーツエンダー装置の電極のドライブを制御して、前記符号化光信号の位相を変調し、これにより、あらかじめ定めた程度の事前チャーブを出力時のRZ符号化光信号に導入する電気回路を含む。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の例を添付の図面を参照して、以下で説明する。

【0010】図1は、マッハーツエンダー装置の対から構成される光変調器1の例を示す。第1のマッハーツエンダー装置2は、NRZ電気データ信号3によりゲート制御され、CW光源(図には示していない)の光出力を変調し、光出力5でNRZ符号化光信号を生成する。そして、そのNRZ符号化光信号5は、2つのマッハーツエンダー装置のうちの第2のマッハーツエンダー装置6に結合される。

【0011】第2のマッハーツエンダー装置6は、この例ではルーセント社から入手可能な20Gビット/sのX2624Cである、信号7と8によってゲート制御される二重電極形装置であり、それぞれの信号は、移相器10を備えた電気加算回路9から得られ、一般モードクロック信号11と差動モードクロック信号12によって供給される。

【0012】既に示したように、二重電極形マッハーツエンダー装置の一つの電極13は、移相器10を介した第2の分相器15により結合された差動モードクロック12と、第1の分相器14により結合された共通モードクロック(示されない)からの信号11とを加算することにより得られる信号7によってゲート制御される。他方の電極16は、先と同じ各クロック源に接続されたそれぞれの分相器14および15からの各信号の単純な加算によってゲート制御される。この例では、クロック源の各々は、データをドライブするために使用されるクロックから得られるものと想定される。この方法では、二重電極形マッハーツエンダー6は、両電極が、逆位相(anti-phase)でドライブされるときには「輝度変調(intensity modulation)」を、あるいは同位相(in-phase)でドライブされる場合には「位相変調」を提供するといったようなやり方で、ドライブされてもよい。適切な正弦波ドライブ信号を各電極に適用することにより、合成された同位相と逆位相の信号が分解され、この装置は、同時に位相変調器としても輝度変調器としても動作する。例えば、両電極が、逆位相で、似たような正弦波によってドライブされる場合には、位相変調は起こらないが、一方の電極が、倍のレベルでドライブされており、他方の電極が、そのまま(inactive)ならば、振幅変調に加えて位相変調もあるはずである。もし、各クロック信号11と12の位相と振幅が異なるならば、一方でマッハーツエンダーのドライブ信号レベルを独立に制御しながら、チャーブの位置と大きさをかえることができる。

【0013】第2のマッハーツエンダー装置6は、NRZ符号化光信号を、光出力17において制御可能な程度の位相変調(事前チャーブ)をもつRZ符号化光信号に変換する光学的なAND関数を提供するようにドライブされる。実用では、光出力17は、高容量WDM伝送信号の一つのチャネルを表す。前記2つのマッハーツエン

ダ一装置は、同じウェハーに統合することができ、このため非常にスペース効率がよい。

【0014】図2は、二重電極形マッハーツエンダー装置6用の電気ドライブ回路21において单一の固定のクロック源を用いるという点以外は、図1に示される例と同様の光変調器20の別例を示す。

【0015】この例では、第1の電極13は、クロック信号22を、第1の可変減衰回路23と第1の可変移相回路24とを通すことによって得られた信号によりゲート制御される。同様に、第2の電極16は、クロック信号22を、第2の可変減衰回路25と第2の可変移相回路26とを通すことによってゲート制御される。この場合も適当なドライブ信号を適用することにより、二重電極装置6は、同時に位相変調器としてかつ輝度変調器として動作し、光出力17において制御できる程度の位相変調（事前チャーブ）をもったRZ符号化光信号を生成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光変調器の最初の例を示す図である。

【図2】本発明による光変調器の第2の例を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 光変調器
- 2、6 マッハーツエンダー装置
- 3 NRZ符号化電気データ信号
- 4 連続波光源
- 5 NRZ符号化光データ信号
- 10 移相器
- 11 共通モードクロック信号
- 12 差動モードクロック信号
- 13、16 電極
- 14、15 分相器
- 17 RZ符号化データ位相変調光出力

【図1】

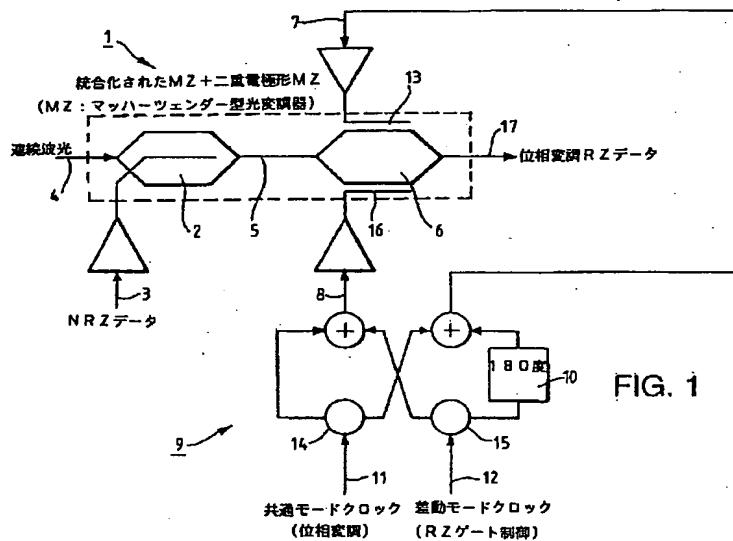


FIG. 1

【図2】

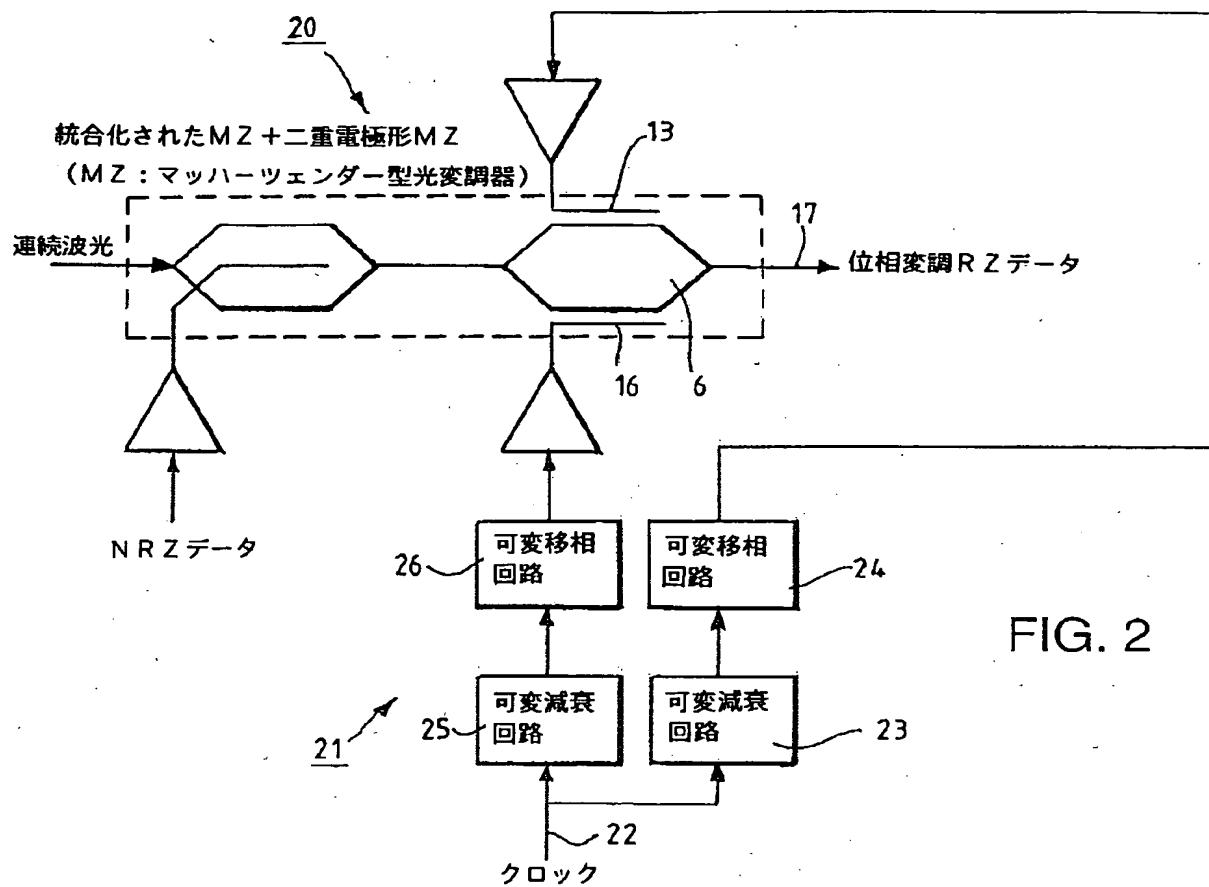


FIG. 2

## 【外国語明細書】

## 1. Title of Invention

## AN OPTICAL MODULATOR

## 2. Claims

1. An optical device for the external modulation of the output of an optical source, comprising:

a first optical modulation device driven by an NRZ coded electrical data stream to modulate the output of the optical source to generate an NRZ coded optical signal; and,

a second optical modulation device coupled to the output of the first optical modulation device and driven by one or more sources to implement an optical AND function and controllable to introduce a predetermined degree of phase modulation to thereby convert the NRZ coded optical signal from the first optical modulation device to a phase modulated RZ coded optical signal for subsequent transmission.

2. An optical device according to claim 1, in which the first optical modulation device is a Mach Zehnder device.

3. An optical device according to claim 1 or 2, in which the second optical modulation device is a dual electrode Mach Zehnder device.

4. An optical device according to any preceding claim, in which the first optical modulation device and the second optical modulation device are integrated.

5. An optical device according to any preceding claim, in which the one or more sources comprise an electrical circuit for controlling the drive of the second optical modulation device to modulate the phase of the coded optical signal and thereby introduce a predetermined degree of pre-chirp to the RZ coded optical signal at the output.

6. An optical device according to claim 5, in which the electrical circuit comprises a first splitter and a second splitter each driven by a respective clock signal, and a first summer and a second summer, wherein the first summer outputs a signal derived by summing the respective clock signals output by the first and second splitters and the second summer outputs a signal derived by summing one clock signal with a phase shifted version of the other.

7. An optical device according to claim 6, further comprising a phase shifter for introducing a predetermined phase shift in one of the clock signals.

8. An optical device according to any of claims 1 to 5, in which the electrical circuit comprises a clock source coupled to a first variable attenuation circuit and a first variable phase shifter circuit connected in series and also a second variable attenuation circuit and a second variable phase shifter circuit connected in series, to thereby provide two separate drive signals for the second optical modulation device.

9. An optical modulator comprising a dual electrode Mach Zehnder device driven by one or more sources to implement an optical AND function and thereby convert an NRZ coded optical signal at an input to an RZ coded optical signal at an output.
10. A device according to claim 9, in which the one or more sources comprise an electrical circuit for controlling the drive of electrodes of the dual electrode Mach Zehnder device to modulate the phase of the coded optical signal and thereby introduce a predetermined degree of pre-chirp to the RZ coded optical signal at the output.
11. An optical device substantially as shown in and/or described with reference to Figure 1 or Figure 2 of the accompanying drawings.

### 3. D e t a i l e d D e s c r i p t i o n o f I n v e n t i o n

#### Background to the Invention

Optical transmission systems are generally based on one of two methods of modulation of a signal laser, either direct or external modulation. In the first of these, the bias current to the laser is modulated, turning the laser on and off. The disadvantage of this when applied to high capacity systems is that the semiconductor material dynamic behaviour introduces distortion into the laser output, known as chirp. External modulation of the continuous wave (CW) source produces a modulated output signal with significantly reduced chirp, and sources of this type are preferred for use in high capacity systems. High speed electro-optic modulators such as Mach Zehnder devices are typically used.

One coding format for optical signals in fibre optic networks is non-return-to-zero (NRZ). In this format a coded data pulse fills the time slot corresponding to a bit period and if the next data bit has the same value no transition occurs at the end of the time slot. An example of a modulator which is designed to implement NRZ format transmission is the X2624C Mach Zehnder opto-electronic device available from Lucent. This is a dual electrode Mach Zehnder device which uses an electrical data stream and its inverse to drive respective electrodes, thereby gating (modulating) a CW source to provide NRZ optical data. By altering the two drive levels on the respective electrodes it is possible to affect a degree of pre-chirp (positive or negative) to compensate for non-linear transmission effects.

An alternative to NRZ coding is to use a return-to-zero (RZ) format. In this case, if the data in a time slot is a "1", the signal drops back to the "0" level before the end of the slot, whatever the value of the data in the next bit: a "1" is signified by the presence of a pulse located within the bit period. RZ format is more stable than NRZ coded optical signals at high bit rates, and is therefore preferred for high capacity long haul transmission systems.

One known arrangement for coding an RZ optical signal requires a first Mach Zehnder device to modulate a CW source using NRZ electrical data as the drive signal, the output of which is modulated by a second Mach Zehnder device configured as an optical AND gate to convert the NRZ optical input to an RZ optical signal at the output. The output of the second Mach Zehnder device is then coupled to a phase modulator to provide a degree of pre-chirp to compensate for non-linear transmission effects. It is not possible to provide an integrated package and therefore this solution is much more complex.

The latest 10 Gbit s<sup>-1</sup> WDM optical transmission systems that are being proposed for submarine networks will provide 60 or more channels with a spacing of only 0.4nm. In future, 120 channels having a spacing of only 0.2nm will be offered. One problem with the development of high capacity systems such as these is that the footprint of the terminals required to support the systems are becoming increasingly large at a time when customers are demanding ever smaller integrated solutions to their needs. The preferred RZ coding format for high bit rate

systems and the associated optical devices described above required to generate an RZ coded signal from an NRZ electrical data stream makes this difficult to achieve.

### **Summary of the Invention**

According to a first aspect of the present invention, an optical device for the external modulation of the output of an optical source, comprises:

a first optical modulation device driven by an NRZ coded electrical data stream to modulate the output of the optical source to generate an NRZ coded optical signal; and,

a second optical modulation device coupled to the output of the first optical modulation device and driven by one or more sources to implement an optical AND function and controllable to introduce a predetermined degree of phase modulation to thereby convert the NRZ coded optical signal from the first optical modulation device to a phase modulated RZ coded optical signal for subsequent transmission.

According to a second aspect of the present invention, an optical modulator comprises a dual electrode Mach Zehnder device driven by one or more sources to implement an optical AND function and thereby convert an NRZ coded optical signal at an input to an RZ coded optical signal at an output.

Preferably, the one or more sources comprise an electrical circuit for controlling

the drive of electrodes of the dual electrode Mach Zehnder device to modulate the phase of the coded optical signal and thereby introduce a predetermined degree of pre-chirp to the RZ coded optical signal at the output.

Examples of the present invention will now be described with reference to the accompanying drawings.

Figure 1 shows an example of an optical modulator 1 consisting of a pair of Mach Zehnder devices. A first Mach Zehnder device 2 is gated by an NRZ electrical data signal 3 to modulate an optical output 4 of a CW optical source (not shown) to generate an NRZ coded optical signal at an optical output 5. The NRZ coded optical signal output 5 is then coupled to the second of the two Mach Zehnder devices 6.

The second Mach Zehnder device 6 is a dual electrode device, in this example a 20 Gbit  $s^{-1}$  X2624C available from Lucent, gated by signals 7 and 8, respectively, derived from an electrical summation circuit 9 having a phase shifter 10 and fed

by a common mode clock signal 11 and a differential mode clock signal 12.

As shown, one electrode 13 of the dual electrode Mach Zehnder device 6 is gated by a signal 7 derived by summing the signal 11 from a common mode clock (not shown) coupled by a first splitter 14 with a differential mode clock signal 12 coupled by a second splitter 15 via the phase shifter 10. The other electrode 16 is gated by a simple summation of signals coupled from respective splitters 14 and 15 associated with the same clock sources. Each of the clock signals in this example is assumed to be derived from the clock used to drive the data. In this manner, the dual electrode Mach Zehnder 6 may be driven in such a way as to provide intensity modulation when the electrodes are driven anti-phase or phase modulation if both electrodes are driven in-phase. By applying suitable sinusoidal drive signals to each electrode, resultant in-phase and antiphase signals can be resolved, so the device simultaneously operates as both a phase and intensity modulator. For instance if both electrodes are driven in anti-phase with similar sinusoids then no phase modulation will occur, however if one electrode is driven with double the level and the other is inactive, then there will be phase modulation in addition to amplitude modulation. If the phase and amplitude of each of the clock signals 11 and 12 are varied it is possible to change the position and magnitude of the chirp, whilst independently controlling the Mach Zehnder drive signal level.

The second Mach Zehnder device 6 is driven to provide an optical AND function

to convert the NRZ coded optical signal to an RZ coded optical signal with a controllable degree of phase modulation (pre-chirp) at an optical output 17. In use, the optical output 17 represents one channel in a high capacity WDM transmission signal. The two Mach Zehnder devices can be integrated on the same wafer and are therefore extremely space efficient.

Figure 2 shows another example of an optical modulator 20 which is similar to the example shown in Figure 1, with the exception that a single fixed clock source (not shown) is used in the electrical drive circuit 21 for the dual electrode Mach Zehnder device 6.

In this example, the first electrode 13 is gated by a signal derived by passing a clock signal 22 through a first variable attenuation circuit 23 and then a first variable phase shifter circuit 24. Likewise, the second electrode 16 is gated by passing the clock signal 22 through a second variable attenuation circuit 25 and then a second variable phase shifter circuit 26. Once again, by applying suitable drive signals, the dual electrode device 6 can simultaneously operate as both a phase and intensity modulator to generate an RZ coded optical signal with a controllable degree of phase modulation (pre-chirp) at the optical output 17.

**4. Brief Description of Drawings**

Figure 1 shows a first example of an optical modulator in accordance with the present invention.

Figure 2 shows a second example of an optical modulator in accordance with the present invention.

Fig. 1

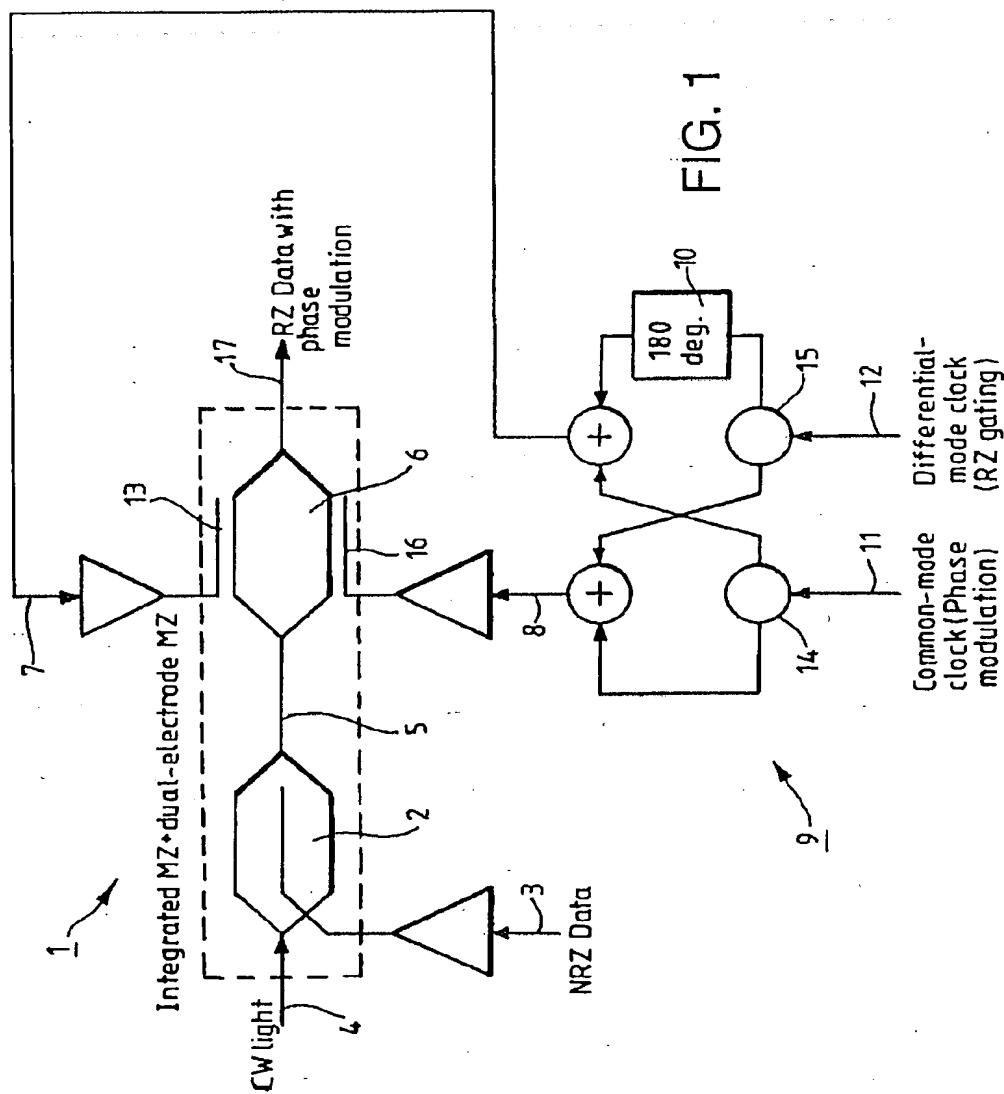
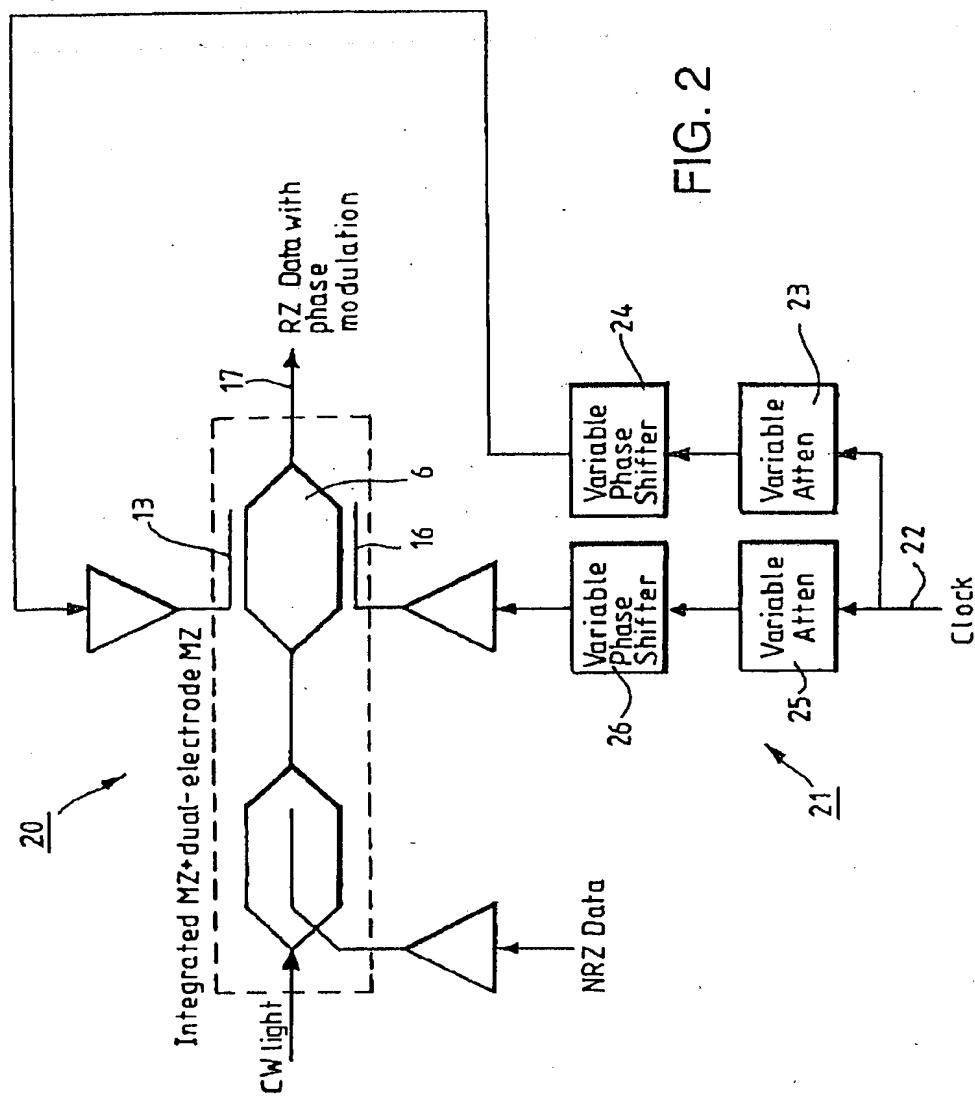


Fig. 2



**1. Abstract**

An optical device is disclosed for the external modulation of the output 4 of an optical radiation source. The device includes a first optical modulator 2 driven by an NRZ coded electrical data signal 3 so as to modulate the output 4 of an optical radiation source. The device also includes a second optical modulator 6 coupled to the first optical modulator 1 and driven by one or more drive signal sources 7, 8 from electrical circuit 9. The circuit 9 drives modulator 6 so as to provide an optical AND function to convert the NRZ coded optical signal output the first optical modulator 1 into an RZ coded optical signal and to simultaneously introduce a degree of phase modulation (e.g. pre-chirp) in the RZ signals modulated thereby.

**2. Representative Drawing**

Fig. 1